

オンデマンド交通と既存バス路線を組み合わせた 地域モビリティ再編計画支援シミュレーションの構築

Construction of a simulation to support the planning of regional mobility reorganization
by combining on-demand transportation and existing bus routes

室蘭工業大学建築社会基盤系学科	○学生員	佐々木悠貴(Yuki Sasaki)
室蘭工業大学大学院工学研究科	学生員	奥宮祥太(Shota Okumiya)
室蘭工業大学大学院工学研究科	正会員	有村幹治(Mikiharu Arimura)
室蘭工業大学大学院工学研究科	正会員	浅田拓海(Takumi Asada)

1. はじめに

我が国においては、自動車利用の拡大と人口減少に伴い公共交通利用者数は減少傾向にある。また、運転手不足も深刻な状況にあり、地域公共交通サービスの維持確保が近々の課題となっている。それに伴い近年では、MaaS 実証実験等が各地で行われており、導入可能性やその影響に関する研究が数多くされている^{1),2),3),4)}。しかし、既存研究の多くはアンケート調査に基づいた受容性の評価を行う研究であり、MaaS の導入を含めた地域モビリティ再編時の小ゾーンレベル(町丁・字)単位におけるアクセシビリティの将来的変化を定量的に評価した研究は少ない。

そこで、著者らは先行研究⁵⁾として、オープンデータとマクロ交通シミュレーターを使い、人口減少に伴う公共交通の利用者減少量を可視化する手法と小ゾーンへのオンデマンド交通導入シミュレーションの手法を示した。

本研究では、先行研究で示した手法を用いることで、将来人口減に伴うバスネットワークの利用者減少の状況を推定し、部分的にオンデマンド交通を導入した際のシナリオを評価することで将来の公共交通ネットワークの再編シナリオに必要な情報を整理する。なお、対象地区は2016年度にパーソントリップ調査が行われた北海道の室蘭市とした。

2. 使用データと分析対象都市の概要

2.1 使用データの概要

(1) 将来人口・世帯予測ツール⁶⁾

本ツールは5歳階級別・性別人口及び世帯数の将来予測が、小地域(町丁・字)単位で可能であり、国土技術政策総合研究所が平成27年国勢調査結果をもとに作成した将来人口・世帯予測ツールである。予測手法は過去の人口変化率に基づくコーホート変化法と自然増減と社会増減の仮定に基づくコーホート要因法が選択可能であり、各小地域の現状に即して、出生や社会増減に関するパラメータを独自に設定することができる。

(2) GTFS-JP⁷⁾

公共交通機関の時刻表とその地理的情報提供を目的とした世界標準の公共交通データフォーマットで、これを

共通化し、Google Map やジョルダン等の経路検索サイトで活用することで遅延情報や車両位置等の運行状況の可視化やダイヤ改正時におけるデータ提供の効率化等を図ることができる。全国的にGTFSデータのオープン化が進んでおり、室蘭市においては令和2年9月に道南バス株式会社が路線情報を公開している。

(3) 室蘭都市圏パーソントリップ調査データ⁸⁾

室蘭都市圏パーソントリップ調査が平成28年10月・11月に実施されており、本研究では原票データを使用した。調査エリアは室蘭都市圏の3市3町(室蘭市、登別市、伊達市、豊浦町、壮瞥町、洞爺湖町)となる。

2.2 分析対象都市の概要

本研究の分析対象となる室蘭市の総人口⁹⁾は1970年の約16.2万人をピークに減少し続け、2020年には半分の約8.1万人となっており、高齢化率は全国・北海道平均を上回っている。2045年には総人口の40%が高齢者になると予想されている(図-1)。

バス停は市内に広く分布しているが、利用者減に伴い公共交通サービスが低下しており、移動困難者や買い物・通院など生活のために自動車を利用せざるを得ない状況にある。室蘭市は坂道が多く、バス路線から離れた沢沿いに住む高齢者が多いこともバス利用率低下の要因となっている。

本研究では、マクロ交通シミュレーション導入前に、現況のバスネットワークを将来にわたり維持した場合の需要の変化を確認するため、室蘭市におけるバス停カバー圏の将来人口変化を将来人口・世帯予測ツールから得たデータに基づいて定量化した。室蘭市におけるバス停圏域を図-2、バス停圏外の人口推移を図-3に示す。なお、バス停から300m以内にメッシュの重心が含まれたとき、そのメッシュ人口の総和をバス停圏域内人口とする。メッシュは100m単位とし、バス停の位置情報は2021年4月に公開されたGTFS-JPを用いた。2045年のバス停圏外人口は15%程であるが、その中の世代に関して2015年から2045年にかけてバス停圏外人口の高齢者の割合は増加し続けており、2045年には50%を占める結果となった。地域モビリティの再編等が実施されない場合、最大約3600人の高齢者がバス利用困難となることが推測される。

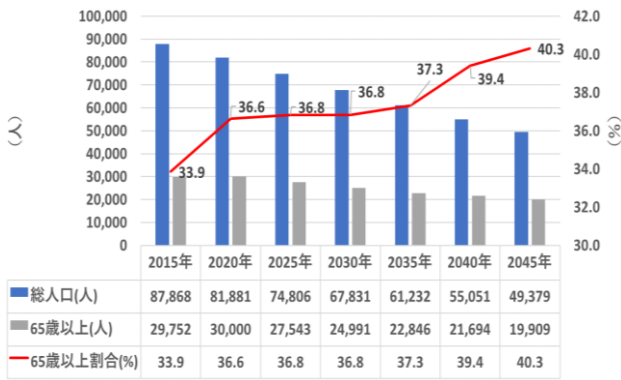


図-1 室蘭市人口推移

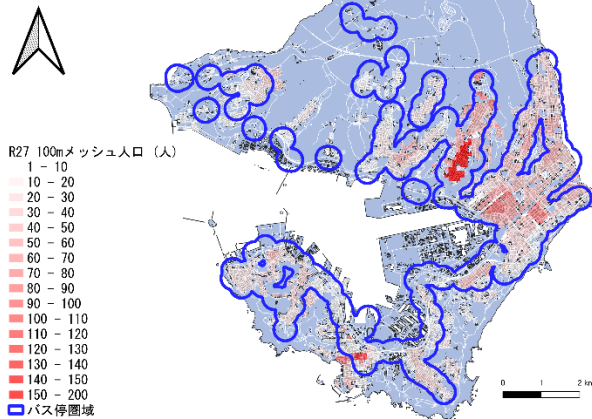


図-2 室蘭市バス停圏域

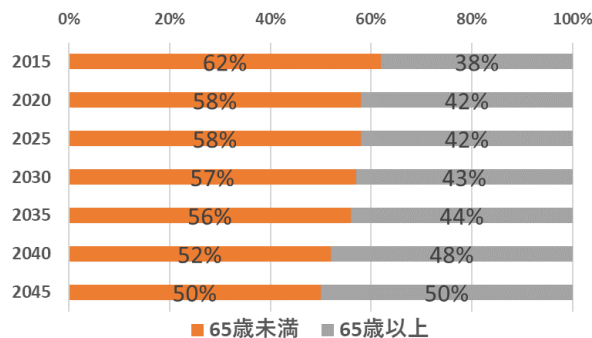


図-3 世代別バス停圏外 人口割合推移

3. 分析フロー

分析フローは図-4のようにになっている。本研究では室蘭 PT から現況バス OD を抽出し、国総研将来人口・世帯予測ツールから得られる 100m メッシュに配分された将来人口を、PT 調査データに対応する小ゾーンに按分することで各小ゾーンにおける将来交通需要予測を行った(図-5)。また、将来交通需要予測の手法は四段階推定法とし、生成交通量予測を生成原単位法、発生集中交通量予測は原単位法を用いた。同様に、分布交通量においても将来都市構造の大きな変化ないと仮定し、簡便的に予測が可能である現在パターン法を採用した。そして、得られた将来バス OD と現況のバス OD を基に交通需要シミュレーションを行い、比較から得られたバス利用者減少地域においてオンデマンド交通を導入したシミュレーションを行う。バス・オンデマンド交通シミュレーションの詳細な設定に関しては 4, 5 章で述べる。

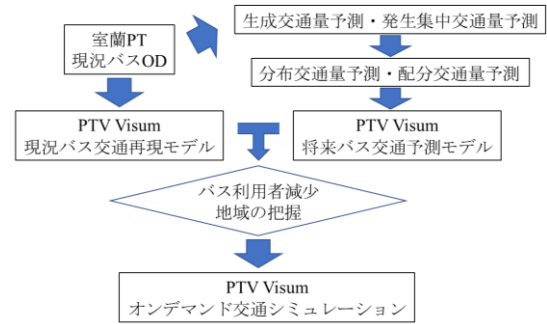
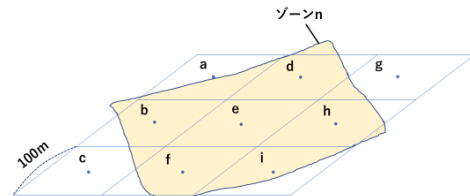


図-4 分析フローチャート



例) ゾーン n : メッシュ (b・d・e・f・h・i)

図-5 メッシュ割り当てイメージ

4. バスシミュレーションの手法と結果

4.1 バスシミュレーションの手法

シミュレーションソフトは Visum¹⁰⁾を活用した。VisumはGTFSデータ等の交通ネットワークデータとOD表をインポートすることで、OD表によって定義されたゾーンごとのトリップがモデル化された交通ネットワーク上に配分される。これにより、交通需要を可視化できる交通マクロシミュレーターである。

本研究では、時間帯別バス OD と GTFS データ等の時刻表データを用いる Visum 上のモデル”Timetable-based”を使用することで、利用時間帯を加味したシミュレーションを行った。将来時間帯 OD については現況の時間帯別 OD と全時間帯 OD の比をゾーンごとに作成し、その比を将来 OD に適応させ作成した。

また、最適経路探索手法として、分枝限定法を用いて、時間帯 OD と時刻表データから得られる乗車時間や待ち時間、徒歩時間をインピーダンスの指標とした経路探索を行った。そして、いくつかの候補として残った経路のインピーダンスの比を基に配分する”Kirchhoff”モデルにより、トリップを交通ネットワークに配分した。

4.2 バスシミュレーション結果

本研究では、平成 28 年・令和 27 年において、バス利用者の交通量を可視化した(図-6, 7)。色の濃さとリンクの太さにより交通量を判断できる。可視化した結果、中島町・東町エリアから中央町エリアにおいて長期的な需要が見られた。一方で、白鳥台・絵鞆町・本輪西エリアにおいてバス利用数が低下傾向にある。特に白鳥台地区では高齢化率 50%と非常に高く、公共交通サービスの低下に伴う移動困難者が増加する恐れがある。高齢化率が高いことを考慮し、出発地からドア・ツー・ドアで目的地まで移動することが必要なことから、白鳥台エリアでオンデマンド導入シミュレーションを実施した。

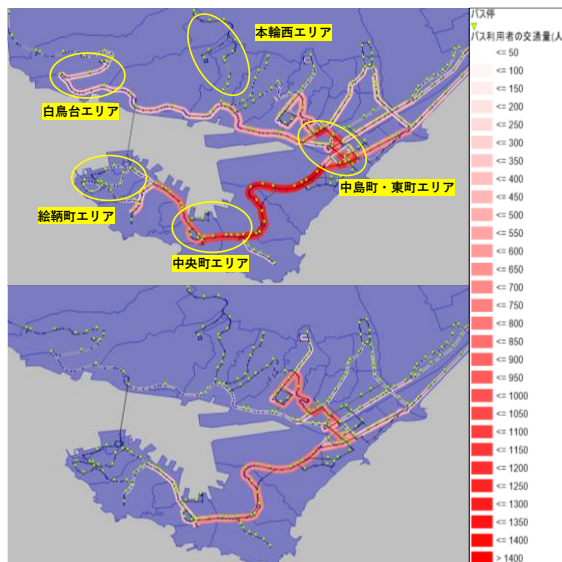


図-6, 7 平日バス利用者の交通量 (／日)
上：平成 28 年 (2016 年) 下：令和 27 年 (2045 年)

5. オンデマンド交通シミュレーションの手法と結果

5.1 オンデマンド交通シミュレーションの手法

白鳥台へオンデマンド交通を導入した際のシミュレーションを行うにあたって、室蘭 PT より白鳥台内でオンデマンド交通利用への移行可能性が高い徒歩・タクシー・バス利用者の OD 抽出した。ただし、バス利用者は、バス停までの交通手段として、オンデマンド交通を利用すると仮定した。しかし、室蘭 PT の C ゾーン単位では、白鳥台内の人々の動きを再現することが不可能であるため、トリップを目的別に抽出し、白鳥台内の特定のスポットを起終点とする仮想 OD を作成した。例としては、目的が買い物である徒歩トリップは、特定スポット (図-8) 以外のランダムな pick up & drop off (PUDO) ポイント (図-9) から出発し、ショッピングセンターの「白鳥台ハック」へ向かう OD としてシミュレーションを行っている。また、利用リクエストが同時に発生するのを防ぐため、1 時間ごとに抽出した OD を Visum 上で 1 時間の中でランダムに配分し、リクエストを発生させた。

このシミュレーションを 20 回行い、台数ごとに輸送可能な人数を推計した。また、導入するオンデマンド交通モードはタクシーとし、乗客定員を 4 人、利用者の最大待ち時間 10 分、利用者の最大迂回許容時間 10 分とした。

5.2 オンデマンド交通シミュレーションの結果

シミュレーションの結果は表-1, 2 のようになった。表-1 は、導入台数ごとの時間帯別需要に対する輸送可能な人数を示したものである。また、時間帯別全需要に対する輸送人数の割合を色分けした。輸送人数のブレについては、20 回のシミュレーションで得られた最低値と最高値となっている。

この結果から、PT より得られた潜在需要(徒歩・タクシー・バス利用者)を全て輸送するためには、約 9 台必要ことが分かる。しかし、時間帯別では需要が多い 7

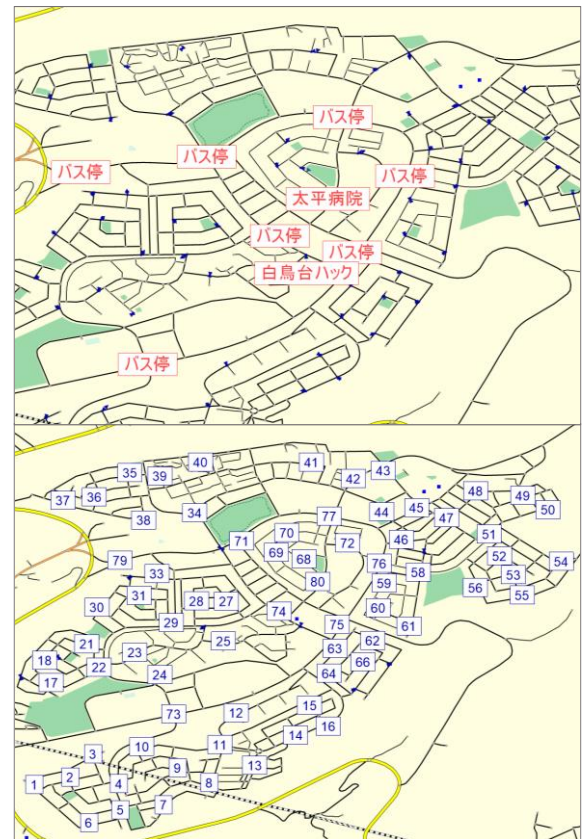


図-8, 9 白鳥台マップ
上：特定スポット 下：PUDO ポイント

時の需要を除くと約 5 台で全需要を輸送でき、半分近くの台数で済むことから、オンデマンド交通導入時には、時間帯別に必要な運用台数を選定する必要がある。

また、表-2 はシミュレーションより得られた台数ごとの全車両の軌跡から算出した総走行距離を台数で割ることによって一台当たりの平均走行距離を示したものである。

この結果より、5 台導入時には一台当たりの平均走行距離が 186km なのに対し、10 台導入時には 96km と半分近くの走行距離で済むことが分かる。これより、導入台数によるコストと走行距離によるドライバーへの負担を考慮することがオンデマンド交通導入に向けて必要である。

6. まとめ

本研究では、室蘭市の将来人口減に伴うバスネットワークの利用者減少の状況を推定し、部分的にオンデマンド交通を導入した際のシナリオを評価することで将来の公共交通ネットワークの再編シナリオに必要な情報を整理した。室蘭市では、令和 3 年度にオンデマンド交通の部分的導入や、スマートフォンアプリを用いたタクシー相乗り実証実験が実施されている。¹¹⁾ また、白鳥台を含む西胆振地区を対象にオンデマンド交通の受容についてのアンケートも行っている。

今後はこれらのデータを用い、白鳥台地区におけるオンデマンド交通需要を正確に把握するとともに、金額による利用動向についても詳しく分析する予定である。

表-1 導入台数における輸送人数

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台	6台	7台	8台	9台	10台
6時	36	20-23	33-36	36-36	36-36	36-36	36-36	36-36	36-36	36-36	36-36
7時	165	19-22	35-43	62-68	83-88	103-111	124-135	141-160	156-165	165-165	165-165
8時	73	18-21	36-42	57-63	69-73	73-73	73-73	73-73	73-73	73-73	73-73
9時	72	17-21	36-42	53-64	68-72	72-72	72-72	72-72	72-72	72-72	72-72
10時	89	18-21	35-41	54-64	75-89	89-89	89-89	89-89	89-89	89-89	89-89
11時	48	17-21	33-41	45-48	48-48	48-48	48-48	48-48	48-48	48-48	48-48
12時	69	18-22	37-45	57-67	66-69	69-69	69-69	69-69	69-69	69-69	69-69
13時	55	18-20	36-41	49-55	55-55	55-55	55-55	55-55	55-55	55-55	55-55
14時	54	17-21	37-44	51-54	54-54	54-54	54-54	54-54	54-54	54-54	54-54
15時	38	15-20	28-38	38-38	38-38	38-38	38-38	38-38	38-38	38-38	38-38
16時	58	18-22	41-45	52-58	58-58	58-58	58-58	58-58	58-58	58-58	58-58
17時	20	15-20	20-20	20-20	20-20	20-20	20-20	20-20	20-20	20-20	20-20
18時	92	19-23	42-46	63-69	81-90	92-92	92-92	92-92	92-92	92-92	92-92
19時	17	13-17	17-17	17-17	17-17	17-17	17-17	17-17	17-17	17-17	17-17
20時	27	15-23	27-27	27-27	27-27	27-27	27-27	27-27	27-27	27-27	27-27
21時	11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11	11-11

輸送人数の割合	1%-25%	25%-50%	50%-75%	75%-100%	100%
---------	--------	---------	---------	----------	------

表-2 導入台数ごとの総走行距離と一台当たりの平均走行距離

台数	1台	2台	3台	4台	5台	6台	7台	8台	9台	10台
総走行距離	383	659	832	908	931	946	956	962	960	961
一台当たりの平均走行距離(km)	383	330	277	227	186	158	137	120	107	96

参考文献

- 1) 村井藤紀, 塩見康博: 路線バスを対象としたサブスクリプション型 運賃制度の採算性における導入可能性の検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75, No.5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_1177-I_1187, 2019.
- 2) 長谷川正利, 中村俊之, 栗生啓之, 鈴村雅彦, 森川高行: 地方都市での相乗りタクシー導入時における利用者ニーズの比較分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_1417-I_1427, 2021.
- 3) 上野 優太, 八戸 龍馬, 溝上 章志: シェアモビリティによるモーダルコネクが公共交通の選好に与える影響, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_869-I_878, 2021.
- 4) 赤木 大介, 神田 佑亮, 諸星 賢治: 条件不利環境に対応した MaaS の設計と社会実装に関する実証研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_1197-I_1208, 2021.
- 5) 奥宮 祥太, 佐々木 悠貴, 有村 幹治, 浅田 拓海: オープンデータの統合的利用による地域モビリティ再編計画支援の試み, 第 64 回土木計画学研究発表会, 土木学会, 土木計画学研究・講演集, 2021.12.03.
- 6) 将来人口・世帯予測ツール -ツールの開発経緯と活用状況-, 勝又 済
https://www.kenkocho.co.jp/html/publication/185/185_pdf/185_08.pdf
(最終閲覧日: 2021/12/15)
- 7) GTFS・「標準的なバス情報フォーマット」オープンデータ一覧,
<https://tshimada291.sakura.ne.jp/transport/gtfs-list.html>
(最終閲覧日: 2021/12/15)
- 8) 室蘭都市圏総合都市交通体系調査: 国都交通省,
<https://www.mlit.go.jp/common/001222378.pdf>
(最終閲覧日: 2021/12/15)
- 9) 室蘭市人口ビジョン 第 2 期室蘭市総合戦略 (案) 室蘭市,
https://www.city.muroran.lg.jp/main/org2200/document/s/4_r1-3shiryol.pdf
(最終閲覧日: 2021/12/15)
- 10) PTV Visum によるマルチモーダルな交通計画,
<https://www.ptvgroup.com/ja/%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E8%A3%BD%E5%93%81/ptv-visum/>
(最終閲覧日: 2021/12/15)
- 11) 令和 3 年度 地域新 MaaS 創出推進事業: 経済産業省 北海道経済産業局,
<https://www.meti.go.jp/press/2021/08/20210824001/20210824001-1.pdf>
(最終閲覧日: 2021/12/15)